SANIVIL

Tubos de PVC-U para saneamiento con y sin presión

MANUAL TÉCNICO SANIVIL

Canalizando futuro

1. El PVC

El PVC es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Sus componentes provienen del petróleo (43%) y de la sal (57%). El PVC tiene una dependencia parcial del petróleo, a diferencia de la mayor parte de los plásticos, cuya dependencia es total. De hecho, las necesidades de PVC se limitan al 0,5% del consumo mundial de petróleo.

A partir de la sal común, mediante el proceso de electrólisis, se obtiene cloro, sosa cáustica e hidrógeno. La electrólisis es la reacción resultante de aplicar una corriente eléctrica en una disolución de sal común. Así obtenemos el cloro, que es el principal constituyente del PVC.

El etileno, que como hemos mencionado representa menos de la mitad en peso del PVC, tiene un proceso más largo. El primer paso es una destilación del petróleo crudo. Esta pasa íntegramente por un proceso catalítico, rompiéndose las moléculas más grandes en moléculas más pequeñas por efecto del calor, con la acción de los catalizadores para acelerar el proceso. De esta forma se genera el etileno.

Por reacción de éste con el cloro, ambos en fase gaseosa, se obtiene dicloroetano (DCE). El dicloroetano se calienta en un horno, descomponiéndose por pirolisis en cloruro de vinilo (VCM) y cloruro de hidrógeno. El cloruro de hidrógeno reacciona con el etileno en un proceso llamado oxicloración, que produce más dicloroetano, el cual a su vez produce más cloruro de vinilo.

Tal y como se ha apuntado anteriormente, a partir del cloruro de vinilo se obtiene finalmente, por polimerización de éste, el poli(cloruro de vinilo).

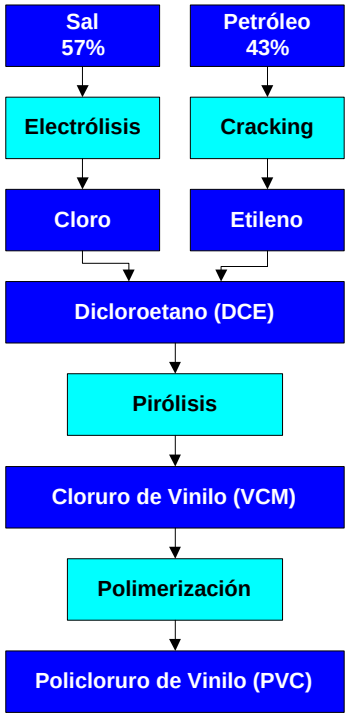
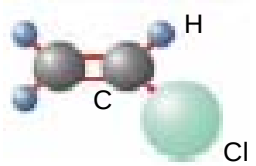


Fig. 1.1 – Obtención del PVC

El cloro presente en el PVC presenta dos ventajas: en primer lugar, proviene de una sustancia tan sencilla y disponible como es la sal común; en segundo lugar, el cloro es un estupendo inhibidor de llama, lo que hace que el PVC sea un producto adecuado para aplicaciones que exijan una cierta resistencia a la ignición, como pueda ser el recubrimiento aislante de los cables eléctricos.



Químicamente, es una macromolécula formada a partir de unidades más pequeñas que se repiten. Estas unidades más pequeñas, a las que llamamos monómero, son el cloruro de vinilo, y se unen entre sí por el proceso de polimerización.

Podemos expresar genéricamente la fórmula del PVC como: $[- CH_2 CHCl -]_n$, dónde n representa el grado de polimerización, es decir, el número de veces que se repite el cloruro de vinilo monómero, $CH_2 CHCl$ en la molécula de PVC. Es por lo tanto un homopolímero; es decir, un polímero constituido por un único tipo de monómero.

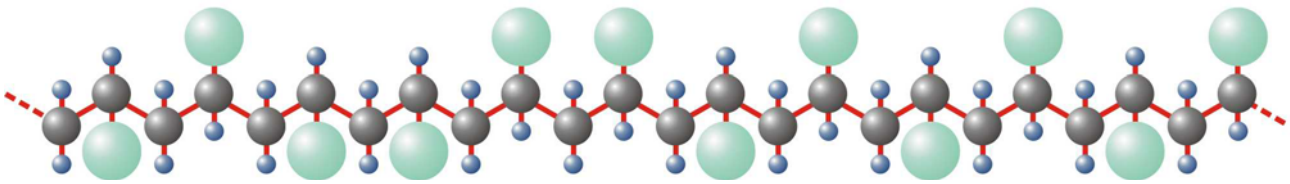
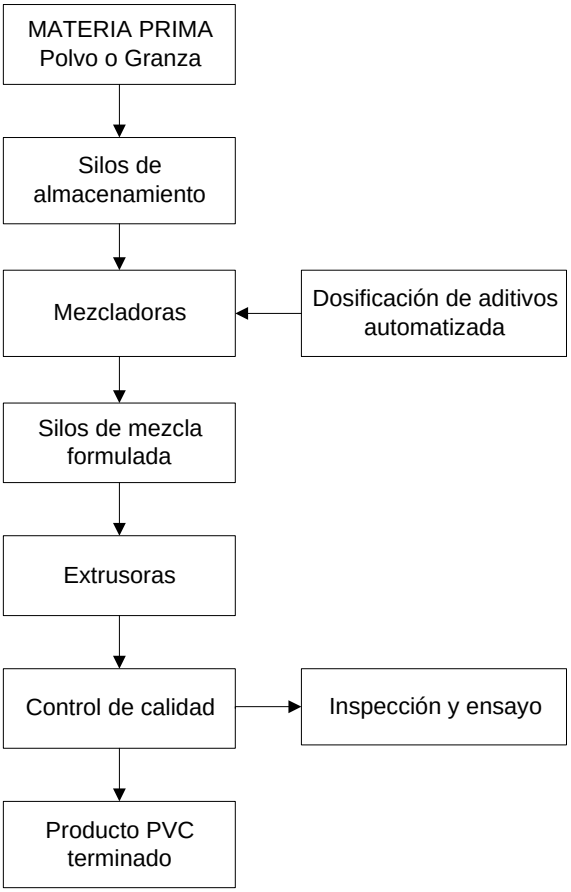


Fig. 1.2 – Molécula del PVC

2. Fabricación de tuberías de PVC-U



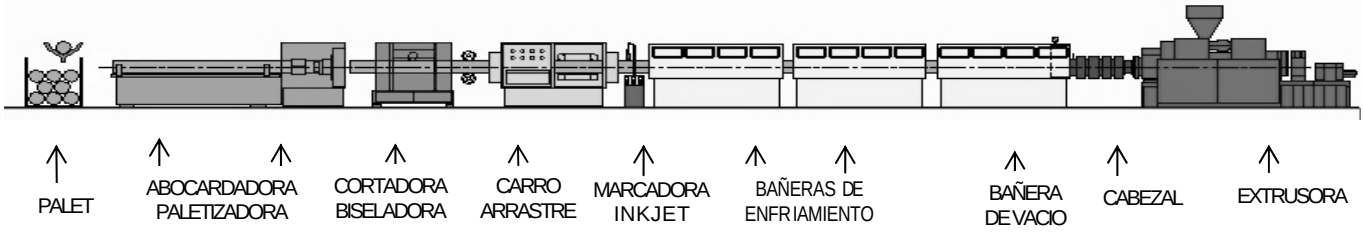
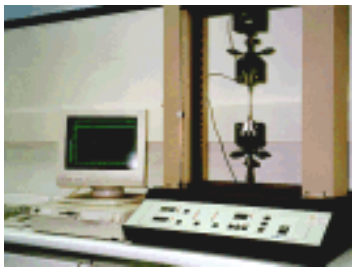


Fig. 2.1 – Esquema fabricación

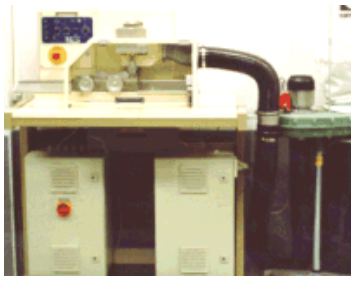
3. Características físicas, químicas y mecánicas

El **laboratorio de inspección y ensayos** del **departamento de calidad** de la compañías del Grupo PLOMYPLAS, realizan un control exhaustivo de todos nuestros productos, con los equipos y el personal técnico más preparado. Los tubos se ensayan conforme a la norma de referencia europea **UNE-EN 1401**, O une-en 1456, realizándose la determinación del aspecto, características físicas y químicas, características mecánicas, etc.



Máquina universal de ensayos para la realización de los ensayos de tracción y alargamiento, además de compresión y rigidez anular

Características físicas y químicas	*Magnitudes*
Densidad (ISO 1183)	1350 a 1460 kg/m^3
Módulo de elasticidad a corto plazo	3.500 MPa
Módulo de elasticidad a largo plazo	1750 MPa
Resistencia superficial	> 10^{12} Ω
Conductividad térmica	0.16 W.k $^{-1}$ m $^{-1}$
Coeficiente de dilatación térmica lineal	0.08 mm/mºC
Temperatura de reblandecimiento VICAT (EN 727)	≥ 79 ºC
Retracción longitudinal en caliente (EN 743)	< 5%
Resistencia a la tracción (ISO 527)	≥ 49 MPa
Alargamiento en la rotura (ISO 527)	≥ 80%
Resistencia al diclorometano, a 15ºC Grado de gelificación (EN 580)	sin ataque



Fresadora automática para preparación de probetas para ensayos de tracción y alargamiento

Equipo para realizar el ensayo de temperatura de reblandecimiento VICAT

Características mecánicas	*Magnitudes*
Resistencia a la presión interna (EN 921) 60ºC - 1000 h	σ_e= 10 MPa
Módulo de elasticidad a corto plazo	3.500 MPa
Módulo de elasticidad a largo plazo	1750 MPa

Bañeras de presión interna, para la realización de los ensayos de estanqueidad y presión interna de corta y larga duración a alta temperatura

Tabla 3.1 Características del material de los tubos

Característica	Requisitos	Parámetros de ensayo		Método de ensayo
Resistencia a presión interna	Sin fallo durante el ensayo	Sistemas de cierre Temperatura del ensayo Orientación Número de probetas Esfuerzo circunferencial Período de acondicionamiento Tipo de ensayo Duración del ensayo	Tipo a o b 60 °C libre 3 10 MPa 1 h agua en agua 1 000 h	EN 921

Tabla 3.2 Características mecánicas generales de los tubos

Característica	Requisitos	Parámetros de ensayo		Método de ensayo
Resistencia al impacto[1)] (método de la esfera de reloj)	TIR ≤ 10%	Temperatura de ensayo/de acondicionamiento Medio de acondicionamiento Tipo de percutor Masa del percutor para: d_n = 110 mm d_n = 125 mm d_n = 160 mm d_n = 200 mm d_n = 250 mm d_n ≥ 315 mm Altura de caída del percutor para: d_n = 110 mm d_n ≥ 125 mm	0 °C agua o aire d 90 1,0 kg 1,25 kg 1,6 kg 2,0 kg 2,5 kg 3,2 kg 1 600 mm 2 000 mm	EN 744

Tabla 3.3 Características físicas de los tubos

Característica	Requisitos	Parámetros de ensayo		Método de ensayo
Temperatura de reblandecimiento Vicat (VST)	≥ 79 °C	Deben estar de acuerdo con la norma EN 727		EN 727
Retracción longitudinal en caliente	≤ 5% El tubo no debe presentar ni ampollas ni fisuras	Temperatura de ensayo Duración de la inmersión para: e ≤ 8 mm e > 8 mm	150 °C 15 min 30 min	Método A de la norma EN 743:Liquido
		o		
		Temperatura de ensayo Duración de la inmersión para: e ≤ 4 mm 4 mm < e ≤ 16 mm e > 16 mm	150 °C 30 min 60 min 120 min	Método B de la norma EN 743:Aire
Resistencia al diclorometano a una temperatura especificada	Sin ataque en ningún punto de la superficie de la probeta	Temperatura de ensayo Tiempo de inmersión	15 °C 30 min	EN 580

Tabla 3.4 Características de aptitud al uso

Característica	Requisitos	Parámetros de ensayo		Método de ensayo
Estanquidad de las uniones con junta de estanqui-dad elastomérica		Temperatura de ensayo Deformación del extremo macho Deformación de la embocadura Diferencia:	(23 ± 5) °C ≥ 10% ≥ 5% ≥ 5%	Método 4 de la Norma EN 1277, Condición B
	Sin fuga	Presión de agua	0,05 bar	
	Sin fuga	Presión de agua	0,5 bar	
	≤ - 0,27 bar	Presión de aire	- 0,3 bar	
		Temperatura de ensayo Desviación angular para: $d_n \leq 315$ mm 315 mm < $d_n \leq 630$ mm $d_n > 630$ mm	(23 ± 5) °C 2° 1,5° 1°	Método 4 de la Norma EN 1277 Condición C
	Sin fuga	Presión de agua	0,05 bar	
	Sin fuga	Presión de agua	0,5 bar	
	≤ - 0,27 bar	Presión de aire	- 0,3 bar	
Ciclos de tempe-ratura elevada [1]	Sin fuga	Debe estar de acuerdo con la Norma EN 1055		EN 1055, utilizan-do el montaje b) (figura 2)
Prestaciones a lar-go plazo de la juntas de TPE	Presión de estanquidad: 1) a 90 días: ≥ 1,3 bar 2) por extrapolación a 100 años: ≥ 0,6 bar	Temperatura de ensayo	(23 ± 5) °C	prEN 1989

1) Ensayo exigido solamente para los componentes destinados a ser empleados en la zona de aplicación con código del área "D" y con d_n inferior o igual a 200 mm.

4. Rigidez Anular (SN)

- **Rigidez anular:** La Rigidez Anular, SN (Nominal Stiffness), es la resistencia al aplastamiento de un tubo o accesorio, en unas condiciones definidas en la norma UNE-EN ISO 9969

En una red de saneamiento sin presión interior, los tubos están sometidos a unas cargas externas, debido al material de relleno de la zanja y a las cargas móviles del tráfico. Estas cargas provocan que el tubo tienda a deformarse, lo que origina unas tensiones de compresión en la parte interior del tubo y de tracción en la parte exterior.

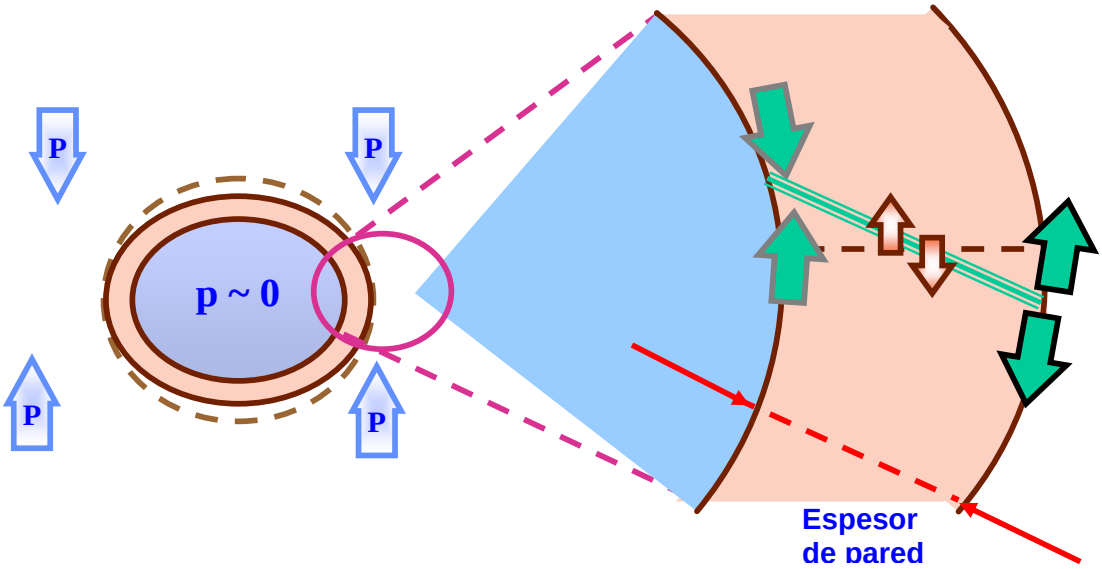


Fig. 4.1 Esfuerzos en un tubo sin presión interna

$$SN = \frac{E \cdot I}{D_m^3} \quad (kN/m^2)$$

Siendo:

SN = Rigidez anular (kN/m^2)
E = Módulo de elasticidad (N/mm^2)
I = Momento de inercia (mm^4/mm)
Dm = Diámetro medio (mm)

Así como la Presión Nominal (PN) es la característica típica en los tubos de conducción de agua o líquidos a presión, la Rigidez Anular lo es para tubos de Saneamiento sin presión.

La rigidez anular de un tubo de plástico de pared compacta es función del material del tubo y del espesor de la pared. Los tubos de PVC para presión y de pared maciza calculados con una Tensión de Diseño de σ =12.5 MPa son equivalentes a los siguientes tubos para Saneamiento según las normas indicadas.

Tabla 4.1 Equivalencia presión y rigidez anular

Tubos de presión *Presión Nominal (PN) bar* *UNE-EN 1452*	*Tubos de saneamiento* *Rigidez anular (SN) en kN/m^2* *UNE-EN 1401*
--- PN 6 (PN 7.5) PN 10	SN 2 SN 4 SN 8 SN 16

5. Tubos de PVC-U de color teja para saneamiento

La norma UNE-EN 1401 tiene tres Series de tubos y accesorios, basadas en el espesor de pared y en la rigidez anular (SN). La tabla indica la clasificación para los diámetros usualmente empleados.

Tabla 5.1. Diámetros exteriores medios según UNE-EN 1401

Dimensión nominal DN/OD [1]	Diámetro exterior nominal	Diámetro exterior medio	
	d_n	$d_{em,\ mín.}$	$d_{em,\ máx.}$
110	110	110,0	110,3
125	125	125,0	125,3
160	160	160,0	160,4
200	200	200,0	200,5
250	250	250,0	250,5
315	315	315,0	315,6
(355)	355	355,0	355,7
400	400	400,0	400,7
(450)	450	450,0	450,8
500	500	500,0	500,9
630	630	630,0	631,1
(710)	710	710,0	711,2
800	800	800,0	801,3
(900)	900	900,0	901,5
1000	1000	1000,0	1001,6

1) Las dimensiones no preferentes se indican entre paréntesis.

Tabla 5.2. Espesores de pared de los tubos según UNE-EN 1401

Dimensión nominal DN/OD [1]	Diámetro exterior nominal	SN 2 SDR 51[2]		SN 4 SDR 41		SN 8 SDR 34	
	d_n	$e_{mín.}$	$e_{m,\ máx.}$	$e_{mín.}$	$e_{m,\ máx.}$	$e_{mín.}$	$e_{m,\ máx.}$
110	110	–	–	3,2	3,8	3,2	3,8
125	125	–	–	3,2	3,8	3,7	4,3
160	160	3,2	3,8	4,0	4,6	4,7	5,4
200	200	3,9	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
250	250	4,9	5,6	6,2	7,1	7,3	8,3
315	315	6,2	7,1	7,7	8,7	9,2	10,4
(355)	355	7,0	7,9	8,7	9,8	10,4	11,7
400	400	7,9	8,9	9,8	11,0	11,7	13,1
(450)	450	8,8	9,9	11,0	12,3	13,2	14,8
500	500	9,8	11,0	12,3	13,8	14,6	16,3
630	630	12,3	13,8	15,4	17,2	18,4	20,5
(710)	710	13,9	15,5	17,4	19,4	–	–
800	800	15,7	17,5	19,6	21,8	–	–
(900)	900	17,6	19,6	22,0	24,4	–	–
1000	1000	19,6	21,8	24,5	27,2	–	–

1) Las dimensiones no preferentes se indican entre paréntesis.

2) SDR 51 solamente es aplicable para el área de código de aplicación "U".

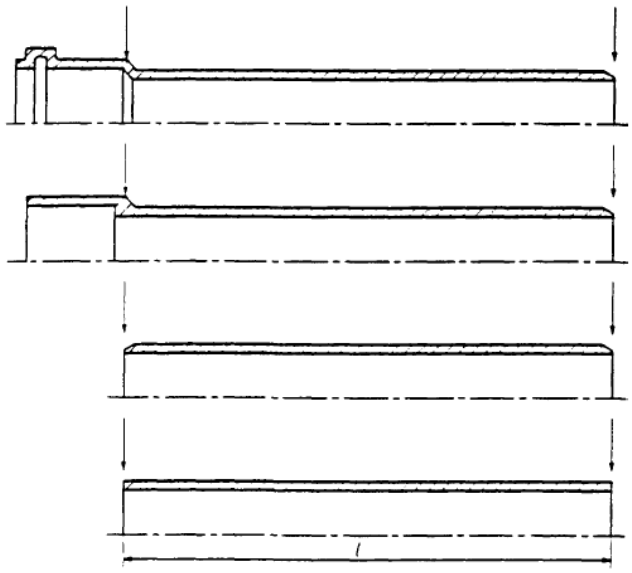


Fig. 5.1. Longitud útil o efectiva de los tubos

5.4 Áreas de aplicación

No se deben instalar tubos y accesorios de SN 2 en áreas donde se produzcan descargas de agua caliente. La norma UNE-EN 1401 y UNE-EN 13476 definen dos series o áreas de aplicación:

U – Código de área de aplicación en el exterior de la estructura del edificio, hasta 1 m. del mismo, en la cual es conectado el sistema de tuberías de saneamiento.

D – Código de área de aplicación enterrado, tanto en el interior de la estructura del edificio como en el exterior del edificio, a partir de 1 m. del mismo en donde los tubos y accesorios son conectados al sistema de descarga del edificio.

Estas normas también indican la clasificación de tubos y accesorios que pueden ser usados en cada área de aplicación.

Nota: Las clases de tubos SN 4 y SN 8 son adecuadas para ambas aplicaciones, por lo que pueden ser marcadas **UD**.

Serie	Clase		
	SN 2	SN4	SN 8
U	Si	Si	Si
D	No	Si	Si

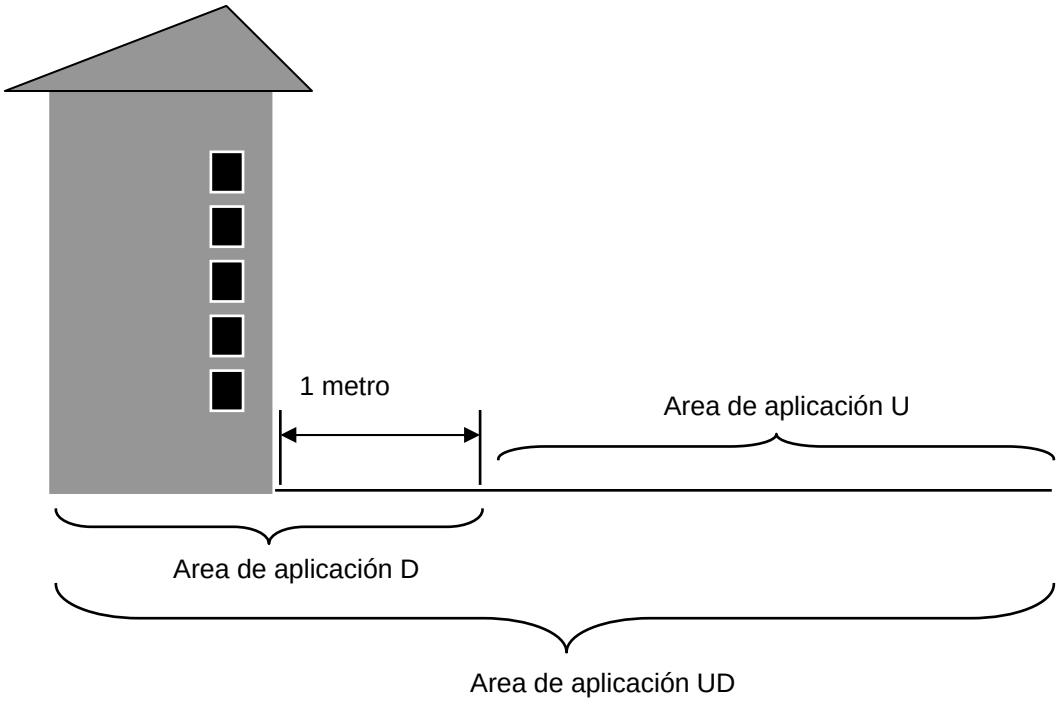


Fig. 5.2 Áreas de aplicación

6. Tubos Plomyplas SANIVIL de PVC-U color teja – Serie Junta Elástica

- **Tubos de SN 4 kN/m²**

Aplicación: Saneamiento con o sin presión
Normas: UNE-EN 1456 (PN6) y UNE-EN 1401 (SN4)
Unión: Por Junta Elástica
Marcado: Plomyplas SANIVIL
Color: Teja
Suministro: En barras de longitud total 6 m

DN mm	SN 4 kN/m² (UNE-EN 1401)	PN 6 bar (UNE-EN 1456)	Nº tubos por palet
	e (mm)	e (mm)	
110	3.2	2.7	76
125	3.2	3.1	60
160	4.0	4.0	33
200	4.9	4.9	20
250	6.2	6.2	12
315	7.7	7.7	8
400	9.8	9.8	5
500	12.3	12.3	2
630	15.4	15.4	3
800	19.6	19.6	2

- **Tubos de SN 2 kN/m²**

Aplicación: Saneamiento sin presión
Normas: UNE-EN 1401
Unión: Por Junta Elástica
Marcado: Plomyplas SANIVIL
Color: Teja RAL 8023
Suministro: En barras de longitud total 6 m

DN mm	SN 2 kN/m² (UNE-EN 1401)	
	e mm	Nº tubos por palet
160	3.2	33
200	3.9	20
250	4.9	12
315	6.2	8
400	7.9	5
500	9.8	2
630	12.3	3
800	15.7	2

SN = Rigidez Anular

7. Almacenaje, Manipulación y Transporte

7.1 Almacenaje

Los tubos Plomyplas SANIVIL son ligeros y fáciles de manejar, pero se deben tomar las precauciones apropiadas durante su manipulación y almacenamiento para garantizar la seguridad de las personas y asegurar que no se dañan los tubos, los cuales deberán ser apilados sobre una superficie plana, exenta de piedras y elementos punzantes, con el fin de evitar deformaciones o daños.

Los soportes laterales de los fardos o palets deberán estar distribuidos de tal forma que protejan a los tubos de deformaciones. Estos soportes o zunchos son de madera de al menos 50 mm. de ancho. Si los tubos están en fardos de aproximadamente 1 x 1 m., los soportes adicionales pueden estar espaciados hasta 3 m.

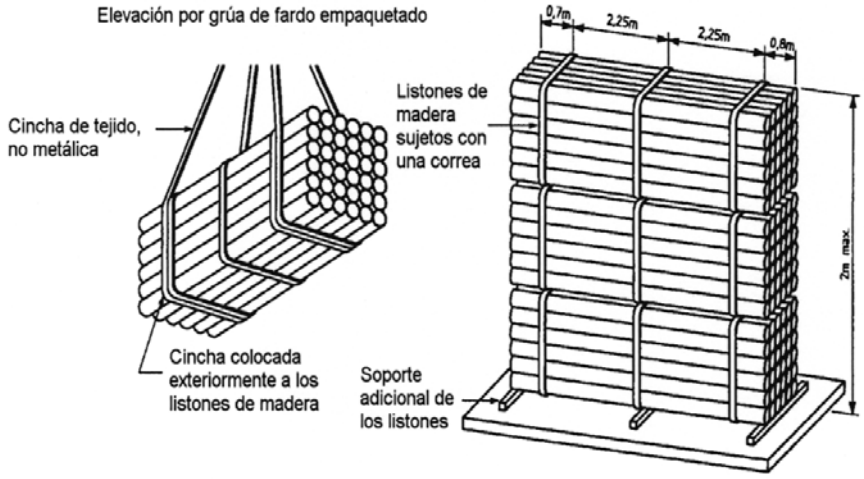


Fig. 7.1 - Almacenaje de tubos

Los tubos Plomyplas SANIVIL con embocadura integrada en un extremo, deberán colocarse alternativamente dentro de la pila y las embocaduras deberían sobresalir suficientemente de los tubos para que la carga superior sea soportada por la parte recta en toda su longitud.

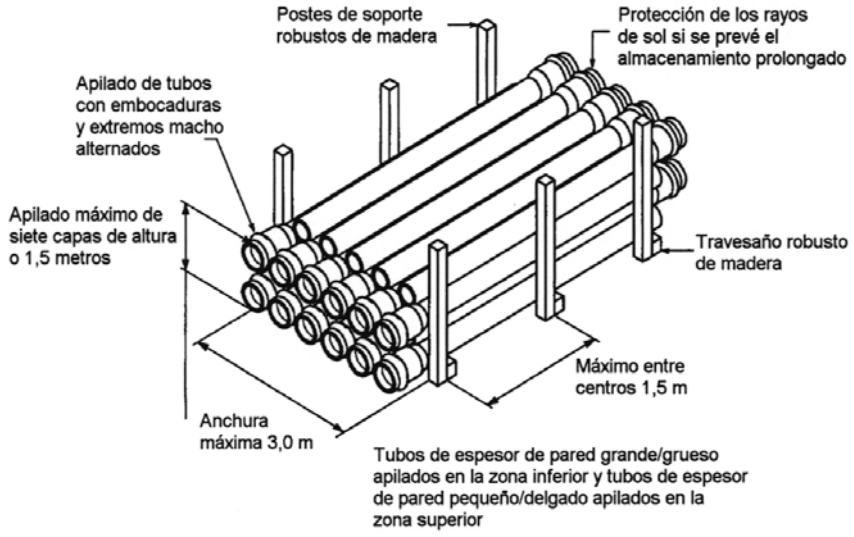

Postes de soporte robustos de madera
Protección de los rayos de sol si se prevé el almacenamiento prolongado
Apilado de tubos con embocaduras y extremos macho alternados
Apilado máximo de siete capas de altura o 1,5 metros
Travesaño robusto de madera
Máximo entre centros 1,5 m
Anchura máxima 3,0 m
Tubos de espesor de pared grande/grueso apilados en la zona inferior y tubos de espesor de pared pequeño/delgado apilados en la zona superior

Fig. 7.2 - Acopio de tubos

Los tubos almacenados deben estar situados de forma tal que combustibles, disolventes, pinturas agresivas, etc. no entren en contacto con las mismas. No se permite el almacenaje de tubos en zonas que

puedan estar en contacto con otras tuberías de vapor o de agua caliente debiéndose mantener separados de superficies con temperaturas superiores a 50 ºC.

Una prolongada exposición a los rayos UV del sol, puede causar decoloración. Se recomienda una protección adecuada por medio de una cubierta opaca con libre circulación de aire (lonas o film de PE), cuando el tiempo de exposición exceda de 12 meses.

Los tubos de diferente diámetro se almacenarán de forma separada, si esto no fuera posible, se apilarán con el tubo de mayor diámetro en la base.

Los fardos se apilarán sobre los soportes de madera tal y como indica el dibujo y nunca se apilará un fardo directamente encima de los tubos, asimismo, no se colocarán más de 3 fardos de alto. En el caso de barras sueltas la altura no debe exceder nunca de 7 capas o 2 m. de altura.

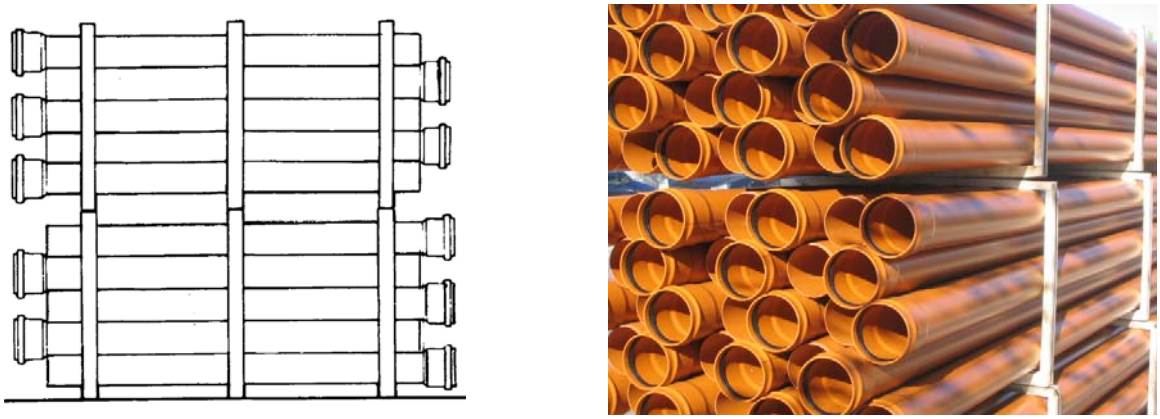


Fig. 7.3 Apilar sobre los zunchos de madera

Los accesorios deben conservarse en las cajas o bolsas que se entreguen con el suministro de los mismos. Las juntas también deben estar almacenadas en las correspondientes bolsas y no deben exponerse a la humedad ni a temperaturas extremas y solamente se colocarán en los extremos de los tubos en el preciso momento en que se vayan a instalar.

7.2 Manipulación

Cuando los tubos van a ser manipulados individualmente, deben ser bajados del transporte de una manera controlada y nunca deben ser arrojados, dejados caer o arrastrados. Los tubos individuales de hasta DN 250 pueden ser manejados por 2 hombres sin mucha dificultad. Los tubos de diámetro mayor y los fardos, requieren aparatos mecánicos.

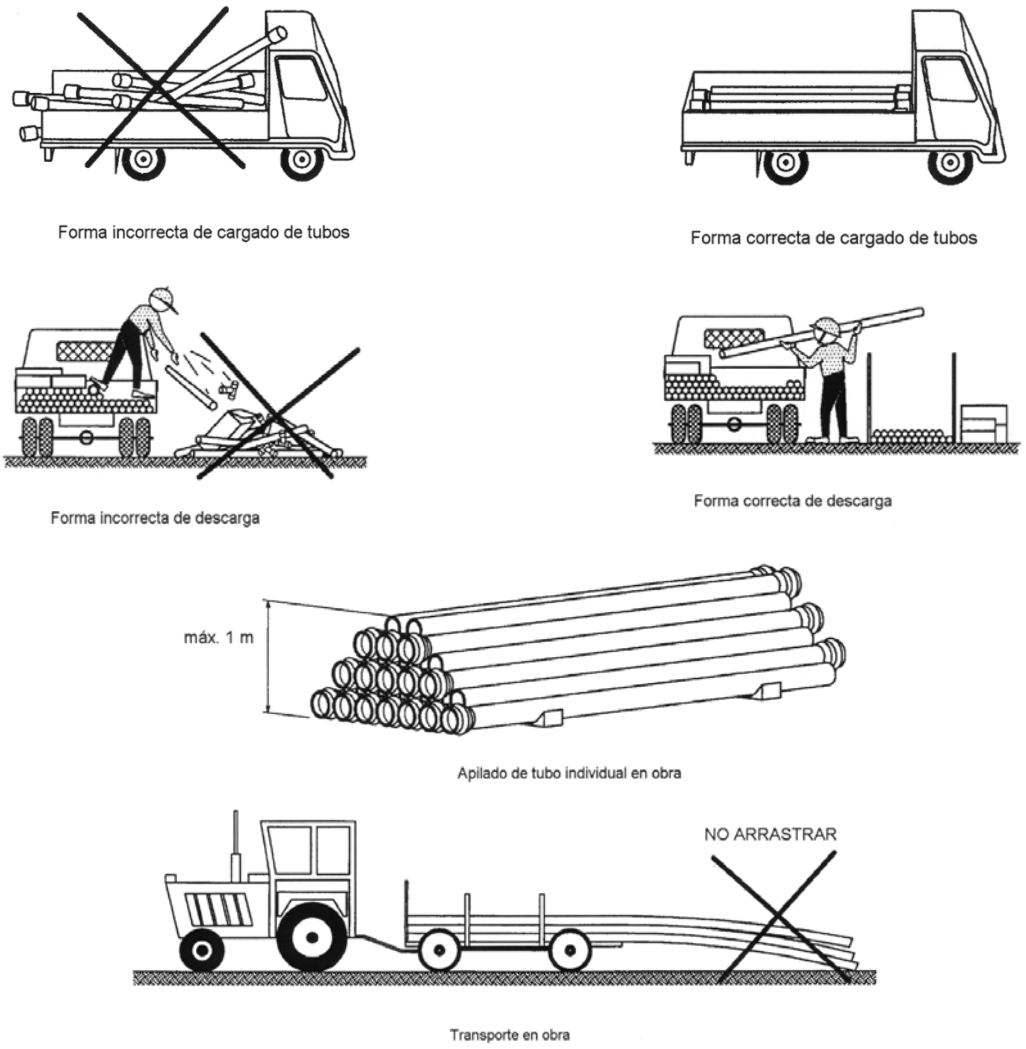

Forma incorrecta de cargado de tubos
Forma correcta de cargado de tubos
Forma incorrecta de descarga
Forma correcta de descarga
máx. 1 m
Apilado de tubo individual en obra
NO ARRASTRAR
Transporte en obra

Fig. 7.4 - Manipulación

Los tubos Plomyplas SANIVIL nunca serán levantados o desplazados utilizando alambres, eslingas, ganchos o cadenas metálicas, sino de cuerda o de tejido.

7.3 Transporte

Los vehículos deben estar provistos de un plano horizontal llano, libre de clavos, cadenas y otros elementos que puedan dañar los tubos. Los tubos se acondicionarán sobre el vehículo sin utilizar cables metálicos ni cadenas que estén en contacto con los mismos. Para que no se produzcan deformaciones no se debe poner durante el transporte otras cargas encima de los tubos.

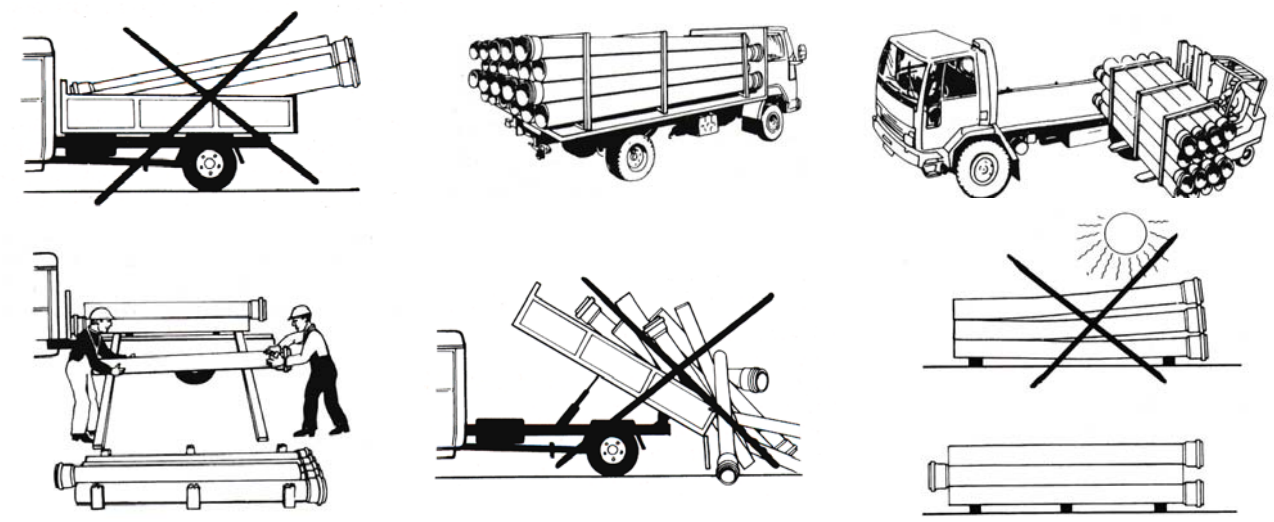


Fig. 7.5 - Transporte

Cuando se realiza la carga de tubos Plomyplas SANIVIL con embocadura, los tubos deben apilarse en el vehículo de tal forma que las embocaduras no estén sometidas a carga. Los tubos no deben sobresalir del vehículo más de 1 m. Debido al poco peso de los tubos SANIVIL, es suficiente un solo hombre para manejar tubos de 6 m. de longitud de 160 y 200 mm de diámetro, dos hombres pueden manejar un tubo de 315 mm de diámetro.

Para la manipulación de diámetros mayores y palets, es necesario utilizar medios mecánicos. Como estos tubos y accesorios son tan fáciles de manejar hay que tener cuidado tanto al transportarlos como al descargarlos y también durante su manipulación, por lo que nunca deberán ser arrojados.

Fig.7.6 - Almacenaje, manipulación y carga

7.4 Relleno de la zanja

Una vez colocada la tubería, el relleno de las zanjas se compactará por tongadas sucesivas. Las primeras tongadas hasta unos 30 cm. por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a 2 cm. y con un grado de compactación no menor del 95 % del Proctor Normal. Las restantes podrán contener material más grueso, recomendándose, sin embargo, no emplear elementos superiores a los 20 cm. y con un grado de compactación del 100 por 100 del Proctor Normal.

Se tendrá especial cuidado en el procedimiento empleado para terraplenar zanjas y consolidar rellenos, de forma que no se produzcan movimientos de las tuberías. No se rellenarán las zanjas en tiempo de grandes heladas o con material helado.

El comportamiento a largo plazo de cualquier tubería, está directamente relacionado con la calidad del montaje y de los materiales utilizados en la instalación del producto. Es necesario seguir escrupulosamente los pasos indicados y realizar una supervisión competente en todas las fases del montaje. La siguiente figura indica los pasos a seguir en una instalación típica.

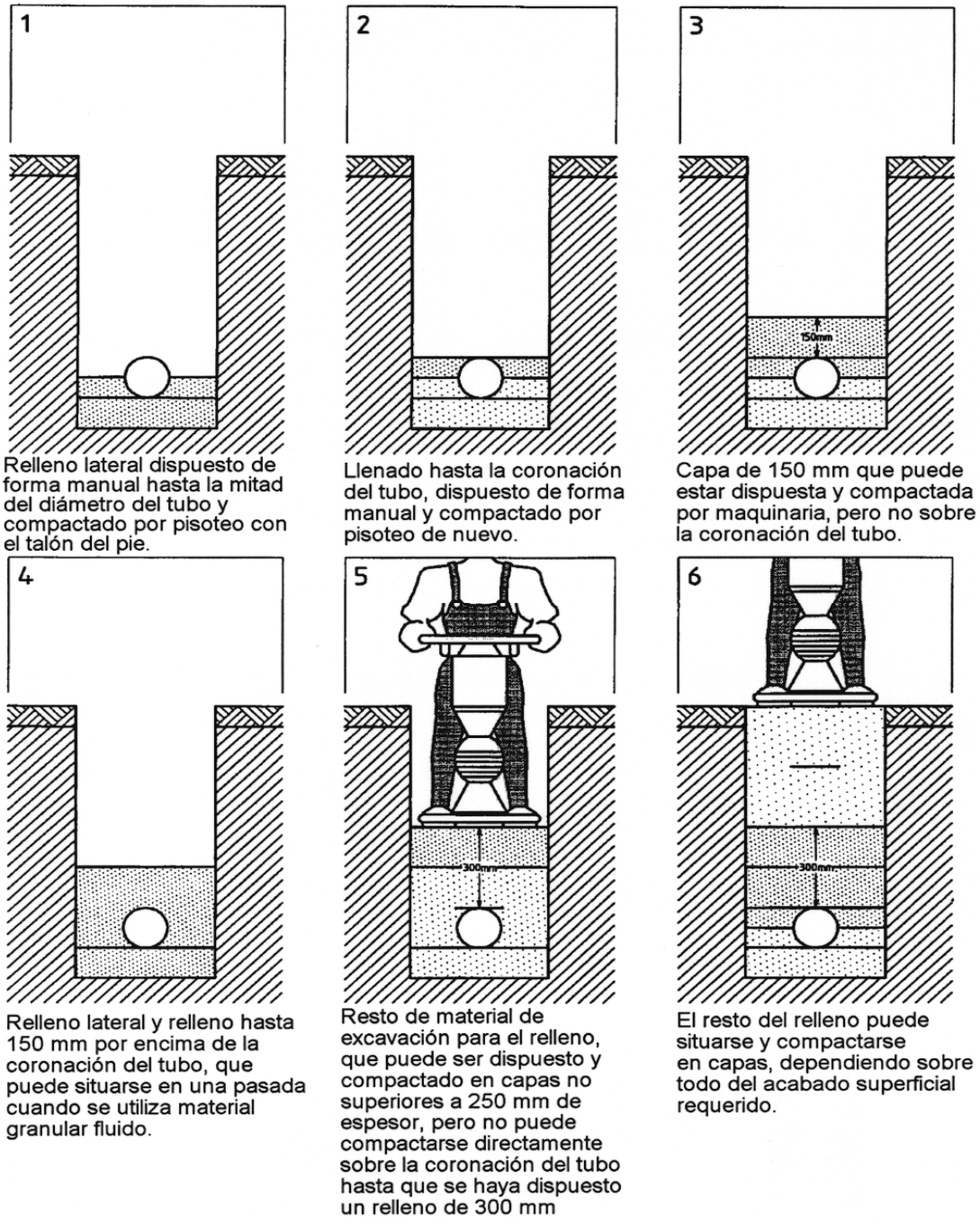

1
Relleno lateral dispuesto de forma manual hasta la mitad del diámetro del tubo y compactado por pisoteo con el talón del pie.
2
Llenado hasta la coronación del tubo, dispuesto de forma manual y compactado por pisoteo de nuevo.
3
50mm
Capa de 150 mm que puede estar dispuesta y compactada por maquinaria, pero no sobre la coronación del tubo.
4
Relleno lateral y relleno hasta 150 mm por encima de la coronación del tubo, que puede situarse en una pasada cuando se utiliza material granular fluido.
5
300mm
Resto de material de excavación para el relleno, que puede ser dispuesto y compactado en capas no superiores a 250 mm de espesor, pero no puede compactarse directamente sobre la coronación del tubo hasta que se haya dispuesto un relleno de 300 mm
6
300mm
El resto del relleno puede situarse y compactarse en capas, dependiendo sobre todo del acabado superficial requerido.

Fig. 7.7 Proceso del relleno de la zanja

7.4.1 Profundidad de la zanja

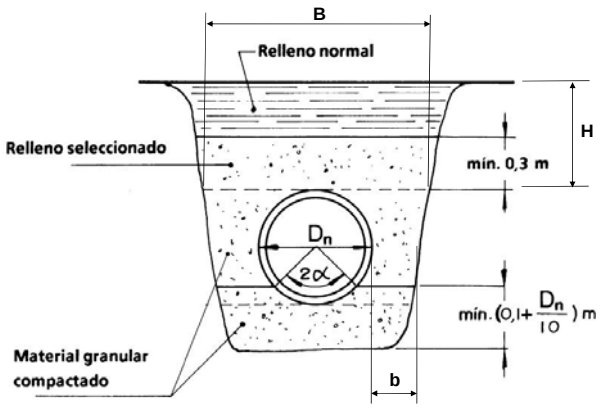
La profundidad mínima de las zanjas se determinará de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como para preservarlas de las variaciones de temperatura del medio ambiente. Para ello se deberá tener en cuenta la situación de la tubería (según sea bajo calzada o lugar de tráfico más o menos intenso, o bajo aceras o lugar sin tráfico), el tipo de relleno, la pavimentación si existe, la forma y calidad del lecho de apoyo, la naturaleza de las tierras, etc.

Como norma general bajo las calzadas o en terreno de tráfico rodado posible, la profundidad mínima será tal que la generatriz superior de la tubería quede por lo menos a 0.8 m. de la superficie; en aceras o lugares sin tráfico rodado puede disminuirse este recubrimiento a 0,6 m. Si el recubrimiento indicado como mínimo no pudiera respetarse por razones topográficas, por otras canalizaciones, etc., se tomarán las medidas de protección necesarias.

Las conducciones de saneamiento se situarán en un plano inferior a las de abastecimiento, con distancias vertical y horizontal entre una y otra no inferior a 1 m.. Si estas condiciones no pudieran mantenerse justificadamente o fuera preciso cruces con otras canalizaciones, deberán adoptarse precauciones especiales.

7.4.2 Anchura de la zanja

El ancho de la zanja depende del tamaño de los tubos, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación, etc.; como norma general la anchura mínima no debe ser inferior a 0,7 m. y se debe dejar un espacio de 0,25 m. a cada lado del tubo, para poder compactar los riñones de los tubos.



H = Min. 0.8 m

B = DN + b

Diámetro nominal DN	*b* mm
DN ≤ 300	200
300 < DN ≤ 900	300
900 < DN ≤ 1 600	400

Fig. 7.8 – Dimensiones de la zanja

8. Cálculos mecánicos

La deformación de un tubo flexible es controlada por el asentamiento del suelo. Después del asentamiento las cargas de tráfico o del terreno, no afectan a la deformación del tubo. Cuando un tubo es más rígido que el suelo, las cargas por tráfico o de otro tipo, las ha de resistir el mismo tubo.

Para elegir el tubo de PE o PVC-U a utilizar en conducciones con o sin presión sometidas a cargas externas, hay que tener en cuenta las particularidades de los materiales viscoelásticos, a los que no pueden aplicarse para el cálculo estático las fórmulas que tradicionalmente se vienen empleando en los materiales rígidos o semirrígidos.

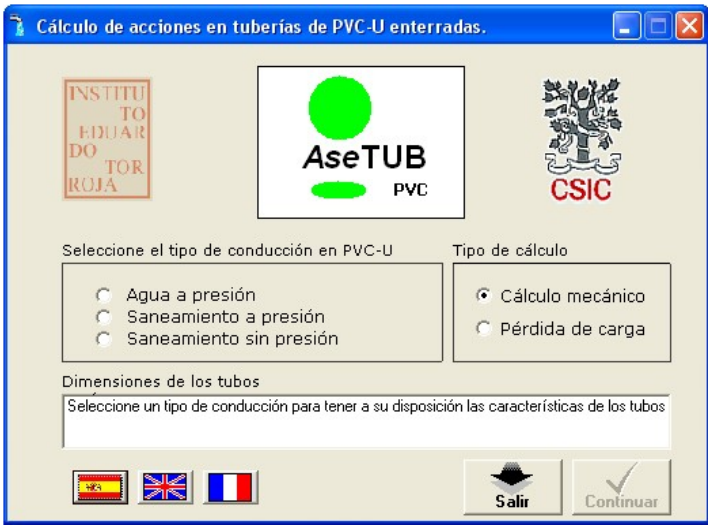
Los tubos de PE y PVC-U son flexibles, por lo que admiten ciertas deformaciones sin romperse ni fisurarse. No obstante la deformación admitida se limita por razones de seguridad, por lo que el cálculo se basa en asegurar que no se sobrepasa un límite máximo de deformación del 5 % a los 50 años de trabajo.

Para calcular los esfuerzos a que está sometida la conducción y poder elegir el tubo adecuado, es necesario seguir lo indicado en el Informe UNE 53331 equivalente a la norma ATV A 127. AseTUB dispone de programas de cálculo informático que realizan estos cálculos rápidamente.

Asetub PVC implementa un programa de cálculo de acciones sobre tuberías plásticas enterradas basado en el Informe *UNE 53331 IN "Tuberías de poli(cloruro de vinilo) (PVC) no plastificado y polietileno (PE) de alta y media densidad"* para el cálculo mecánico y en el Informe *UNE 53959:2002 IN. "Plásticos. Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga"* para el cálculo de pérdida de carga.

El programa Asetub-PVC facilita el cálculo de las acciones mecánicas e hidráulicas y ofrece las siguientes funcionalidades:

- Ayuda en pantalla consistente en Imágenes con texto explicativo.
- Sistema de información de tubos de PVC de dimensiones normalizadas.
- Posibilidad de impresión de informe con los resultados del cálculo
- Resumen de las expresiones matemáticas del Informe UNE 53331



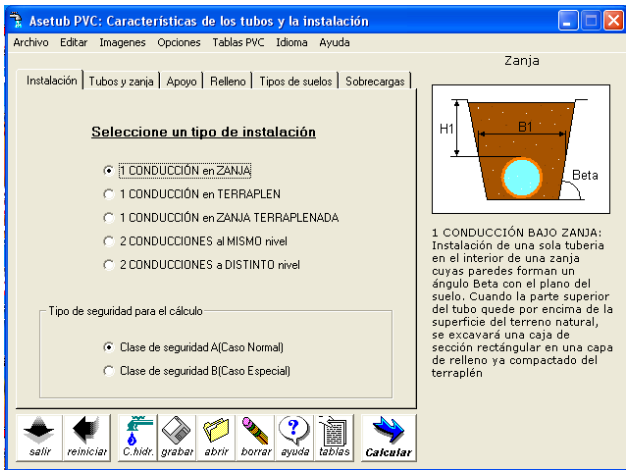
Página inicial

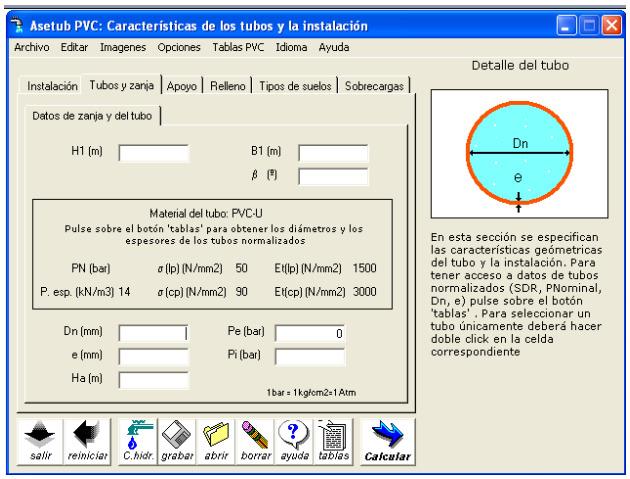
Esta es la pantalla que aparece en primer lugar al ejecutar el programa. En esta página se debe seleccionar el tipo de cálculo a realizar, mecánico o pérdida de carga y el tipo de conducción de la instalación.

El cálculo de pérdida de carga sólo se puede realizar para conducciones de agua a presión.

En la parte inferior de la ventana se indican las normas de las cuales se han obtenido las dimensiones de los tubos que se adjuntan en las tablas.

· Agua a presión: UNE EN 1452
· Saneamiento a presión: UNE en 1456
· Saneamiento sin presión: UNE EN 1401


Asetub PVC: Características de los tubos y la instalación
Archivo Editar Imagenes Opciones Tablas PVC Idioma Ayuda
Instalación | Tubos y zanja | Apoyo | Relleno | Tipos de suelos | Sobrecargas
Seleccione un tipo de instalación
1 CONDUCCIÓN en ZANJA
1 CONDUCCIÓN en TERRAPLEN
1 CONDUCCIÓN en ZANJA TERRAPLENADA
2 CONDUCCIONES al MISMO nivel
2 CONDUCCIONES a DISTINTO nivel
Tipo de seguridad para el cálculo
Clase de seguridad A(Caso Normal)
Clase de seguridad B(Caso Especial)
Zanja
H1
B1
Beta
1 CONDUCCIÓN BAJO ZANJA: Instalación de una sola tubería en el interior de una zanja cuyas paredes forman un ángulo Beta con el plano del suelo. Cuando la parte superior del tubo quede por encima de la superficie del terreno natural, se excavará una caja de sección rectángular en una capa de relleno ya compactado del terraplén
salir reiniciar C.hidr. grabar abrir borrar ayuda tablas Calcular


Asetub PVC: Características de los tubos y la instalación
Archivo Editar Imagenes Opciones Tablas PVC Idioma Ayuda
Instalación | Tubos y zanja | Apoyo | Relleno | Tipos de suelos | Sobrecargas
Datos de zanja y del tubo
H1 (m)
B1 (m)
β (º)
Material del tubo: PVC-U
Pulse sobre el botón 'tablas' para obtener los diámetros y los espesores de los tubos normalizados
PN (bar)
σ (lp) (N/mm2) 50
Et(lp) (N/mm2) 1500
P. esp. (kN/m3) 14
σ (cp) (N/mm2) 90
Et(cp) (N/mm2) 3000
Dn (mm)
Pe (bar) 0
e (mm)
Pi (bar)
Ha (m)
1bar = 1kg/cm2=1Atm
Detalle del tubo
Dn
e
En esta sección se especifican las características geométricas del tubo y la instalación. Para tener acceso a datos de tubos normalizados (SDR, PNominal, Dn, e) pulse sobre el botón 'tablas' . Para seleccionar un tubo únicamente deberá hacer doble click en la celda correspondiente
salir reiniciar C.hidr. grabar abrir borrar ayuda tablas Calcular

Asetub PVC: Características de los tubos y la instalación
Archivo Editar Imagenes Opciones Tablas PVC Idioma Ayuda
Instalación | Tubos y zanja | Apoyo | Relleno | Tipos de suelos | Sobrecargas
Apoyo del tubo
APOYO TIPO A:Cama continua de material granular compactado
APOYO TIPO B:Tubo directamente sobre suelo natural o fondo de zanja
Ángulo de apoyo del tubo 2α
Tipo de apoyo A
rell. normal
rell. seleccionado
2 α
0,3 m min.
Pj Dn
0,1(1+Dn) min.
material granular compactado
APOYO TIPO A: Este tipo de apoyo consiste básicamente en una cama continua de material granular (arena o canto rodado hasta 20 mm) compactado (mínimo 95 % proctor normal) sobre la que descansa el tubo, de altura mínima 0.1+Dn/10 m. Esta cama debe tener una compactación uniforme en toda su longitud y envolver al tubo según el ángulo de apoyo 2alfa previsto. La relación de proyección es Pj=1
salir reiniciar C.hidr. grabar abrir borrar ayuda tablas Calcular

Página de inserción de datos

Los datos para el cálculo están clasificados de la siguiente manera:

- Tipos de instalación (Instalación)
- Características de tubos e instalación (Tubos y zanja)
- Tipos de apoyo (Apoyo)
- Tipos de relleno (Relleno)
- Módulos de compresión (Tipos de suelos)
- Sobrecargas de la instalación (Sobrecargas)

Instalación

Existen cinco tipos de instalación:

· Instalación en zanja
· Instalación en terraplén
· Instalación en zanja terraplenada
· Instalación de dos tubos al mismo nivel
· Instalación de dos tubos a distinto nivel

En esta sección es posible indicar el tipo de seguridad que desea aplicarse a los cálculos de acciones mecánicas:

· Seguridad Tipo A. Caso general más restrictivo. Aplica un coeficiente de seguridad de 2.5

· Seguridad Tipo B. Caso especial menos restrictivo. Aplica un coeficiente de seguridad de 2

Parámetros de tubos e instalación

En esta sección se deben introducir todos los datos referentes a las características del tubo/s e instalación.

Si la instalación se compone de una sola conducción, encontraremos que sólo aparece activa la sección correspondiente a un tubo.

En este caso, se debe hacer distinción entre instalaciones bajo zanja o terraplén y bajo zanja terraplenada, ya que en esta última hay especificar la altura del terraplén (Hterr), mientras que en las dos primeras este dato no es necesario y el cuadro de texto correspondiente no está visible.

Si la elección ha sido de instalación con dos conducciones, se encontrarán activadas las secciones correspondientes al tubo 1 y tubo 2.

En este otro caso también se debe distinguir entre dos conducciones al mismo nivel y a distinto nivel. En el primero de estos dos casos, el programa considera que tanto el tubo 1 como el tubo 2 están instalados bajo zanja, de manera que el cuadro de texto "Hterr" existente en la sección para el Tubo 1, no estará visible.

Apoyo

El Informe UNE 53331 IN, especifica dos formas de apoyar los tubos en la zanja:

· Apoyo tipo A: Este tipo de apoyo consiste, esencialmente, en una cama continua de material granular compactado sobre la que descansa el tubo. La cama de apoyo debe tener una compactación uniforme en toda su longitud y envolver el tubo según el ángulo de apoyo 2 alfa previsto. La relación de proyección para este tipo de apoyo es Pj=1

· Apoyo tipo B: En este tipo de apoyo el tubo descansa directamente sobre el fondo de la zanja o sobre el suelo natural, cuando se trata de una instalación bajo terraplén. Se utilizará únicamente en suelos arenosos exentos de terrones y piedras.

Es necesario especificar el ángulo de apoyo de los tubos sobre la zanja (2 alfa). Una vez cubierta la tubería, se añade un relleno seleccionado, compactándose a ambos lados del tubo para garantizar el ángulo de apoyo 2alfa previsto. La relación de proyección para este tipo de apoyo es Pj=1.

Asetub PVC: Características de los tubos y la instalación
Archivo Editar Imagenes Opciones Tablas PVC Idioma Ayuda
Instalación Tubos y zanja Apoyo Relleno Tipos de suelos Sobrecargas
Relleno del tubo
Tipo de relleno
Tipo de instalación del relleno en la zanja
Relleno compactado por capas en toda la altura de la zanja
Relleno compactado en la zona del tubo
Relleno compactado posteriormente
Zanja entibada
Peso específico del relleno en zanja (kN/m3)
(valor usual: 20 kN/m3)
Relleno
E1
E2
0.3m
E3
E2
E2
E3
E4
Una vez colocada la tubería y ejecutadas las uniones, se procederá al relleno a ambos lados del tubo. El grado de compactación a obtener será el mismo que el de la cama. En todos los casos, se cuidará especialmente que no queden espacios sin rellenar debajo del tubo
salir reiniciar C.hidr. grabar abrir borrar ayuda tablas Calcular

Relleno

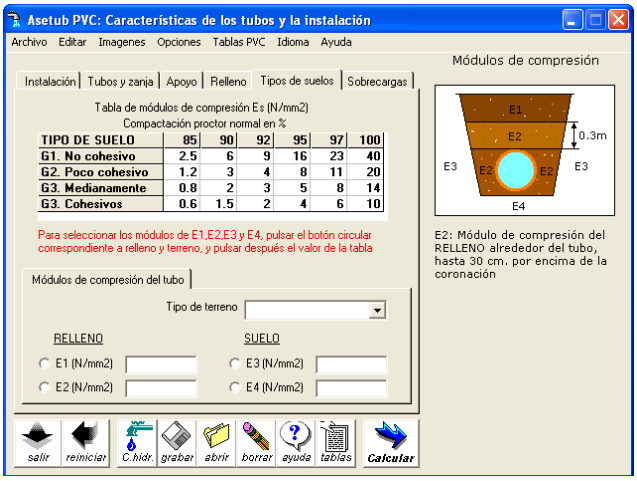
Debemos seleccionar un tipo de relleno para la instalación:

- G1 No cohesivo.
- G2 Poco cohesivo.
- G3 Medianamente cohesivo.
- G4 Cohesivo.

A continuación se debe seleccionar el tipo de compactado del relleno:

· Relleno de la zanja compactando por capas en toda la altura de la zanja.
· Relleno de la zanja compactando por capas en la zona del tubo y sin compactar el resto de la zanja
· Relleno de la zanja con compactado posterior.
· Zanja entibada, sin compactado posterior a la retirada de las tablas.

Además hay que añadir el peso específico de la tierra de relleno de la zona de la zanja


Asetub PVC: Características de los tubos y la instalación
Archivo Editar Imagenes Opciones Tablas PVC Idioma Ayuda
Instalación Tubos y zanja Apoyo Relleno Tipos de suelos Sobrecargas
Tabla de módulos de compresión Es (N/mm2)
Compactación proctor normal en %
TIPO DE SUELO 85 90 92 95 97 100
G1. No cohesivo 2.5 6 9 16 23 40
G2. Poco cohesivo 1.2 3 4 8 11 20
G3. Medianamente 0.8 2 3 5 8 14
G3. Cohesivos 0.6 1.5 2 4 6 10
Para seleccionar los módulos de E1,E2,E3 y E4, pulsar el botón circular correspondiente a relleno y terreno, y pulsar después el valor de la tabla
Módulos de compresión del tubo
Tipo de terreno
RELLENO
SUELO
E1 (N/mm2)
E2 (N/mm2)
E3 (N/mm2)
E4 (N/mm2)
Módulos de compresión
E1
E2
0.3m
E3
E2
E2
E3
E4
E2: Módulo de compresión del RELLENO alrededor del tubo, hasta 30 cm. por encima de la coronación
salir reiniciar C.hidr. grabar abrir borrar ayuda tablas Calcular

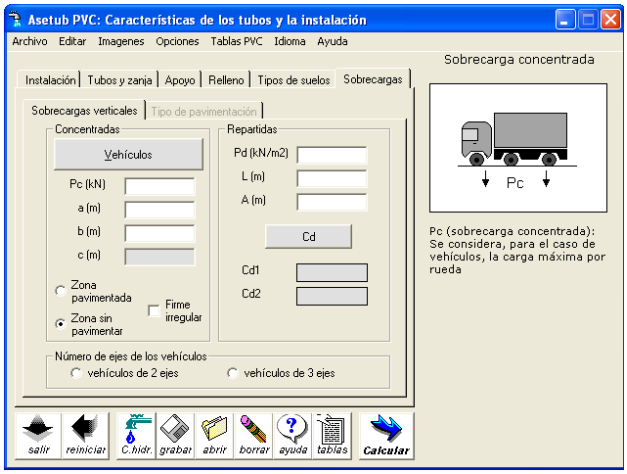
Tipos de Suelos (Compresión)

Para el cálculo de las cargas de las tierras es necesario conocer los módulos de compresión del relleno alrededor del tubo, por encima del mismo, en las paredes y en el suelo de la zanja.

- E1: Módulo de compresión de relleno en la parte superior del tubo.
- E2: Módulo de compresión del relleno alrededor del tubo, hasta 30 cm. por encima de la coronación.
- E3: Módulo de compresión del terreno en la zona lateral del tubo.
- E4: Módulo de compresión del terreno en la zona inferior al tubo.

Estos valores se deben calcular directamente mediante los ensayos correspondientes.

Si no se realizan ensayos, los valores de E1 y E2 pueden tomarse de la tabla que aparece en pantalla, según el grado de compactación especificado para el relleno y según el tipo de suelo.



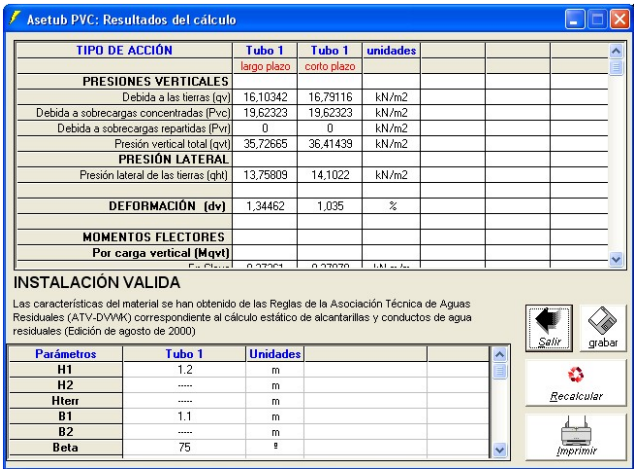
Sobrecargas

Para determinar la presión sobre el tubo debida a las sobrecargas verticales es necesario conocer.

- Sobrecargas concentradas: Se consideran como cargas concentradas las originadas, principalmente, por las cargas de tráfico puntuales:

Para ver una tabla con los tipos de vehículos tipo y sus cargas por rueda, pulsar sobre el botón de título vehículos.

- Sobrecargas repartidas: Se consideran como cargas repartidas la originadas, principalmente, por los materiales acopiados, vehículos con cadenas, etc.


Asetub PVC: Resultados del cálculo
TIPO DE ACCIÓN
Tubo 1 largo plazo
Tubo 1 corto plazo
unidades
PRESIONES VERTICALES
Debida a las tierras (qv) 16,10342 16,79116 kN/m2
Debida a sobrecargas concentradas (Pvc) 19,62323 19,62323 kN/m2
Debida a sobrecargas repartidas (Pvr) 0 0 kN/m2
Presión vertical total (qvt) 35,72665 36,41439 kN/m2
PRESIÓN LATERAL
Presión lateral de las tierras (qht) 13,75809 14,1022 kN/m2
DEFORMACIÓN (dv) 1,34462 1,035 %
MOMENTOS FLECTORES
Por carga vertical (Mqvt)
INSTALACIÓN VALIDA
Las características del material se han obtenido de las Reglas de la Asociación Técnica de Aguas Residuales (ATV-DVWK) correspondiente al cálculo estático de alcantarillas y conductos de agua residuales (Edición de agosto de 2000)
Parámetros Tubo 1 Unidades
H1 1.2 m
H2 ----- m
Hterr ----- m
B1 1.1 m
B2 ----- m
Beta 75 º
Salir
grabar
Recalcular
Imprimir

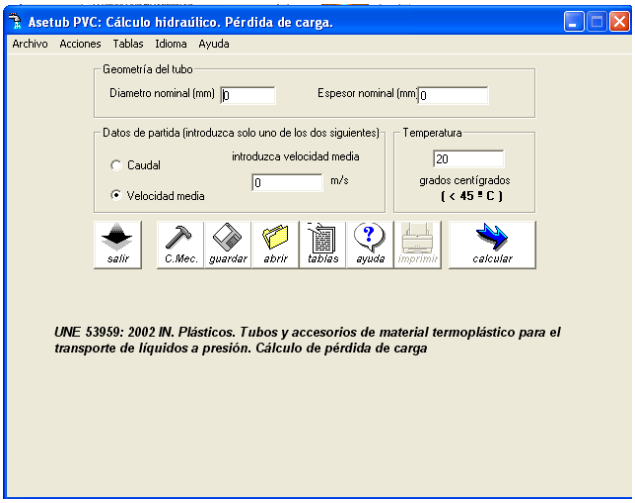
Ventana de resultados

Una vez se han introducido todos los datos en las cajas de texto, se procederá al cálculo de acciones. Para ello, hay que pulsar sobre el botón que posee un icono en forma de flecha o elegir la opción del menú: "Opciones" - "Cálculo de acciones".

El programa revisará automáticamente los datos introducidos y en el caso de haberse omitido dato o datos necesarios para el cálculo, se mostrará una ventana especificando cual o cuales son.

Una vez el programa compruebe que no faltan datos, se mostrará una nueva ventana con los resultados de las acciones. El programa calcula las acciones a corto y a largo plazo automáticamente.

Si en la fase de inserción de datos se ha especificado un tipo de seguridad (A o B), el programa aplicará este al resultado del cálculo de acciones, de manera que aquellos resultados que no satisfagan los requisitos aparecerán en color rojo.



Cálculo de la pérdida de carga

El método empleado para calcular la pérdida de carga es el descrito en el Informe *UNE 53959:2002 IN. "Plásticos. Tubos y accesorios de material termoplástico para el transporte de líquidos a presión. Cálculo de pérdida de carga"*

En la página inicial el usuario debe seleccionar Tipo de cálculo: Hidráulico el tipo de conducción y pulsar "Continuar".
Nota Importante: El cálculo de pérdida de carga sólo se puede realizar para conducciones de agua a presión.

Para el cálculo de perdida de carga en la tubería es necesario que el usuario conozca los siguientes datos:

- Geometría del tubo (diámetro nominal y espesor nominal):
- Velocidad media / Caudal:
- Temperatura del fluido transportado:

Una vez cumplimentados estos datos se debe pulsar el Botón "Calcular ---------- Pérdida de carga".

A continuación aparecerá un cuadro con el resultado del cálculo y con los parámetros empleados en él.

8.1 Dimensionamiento hidráulico de la red

8.1 Criterios previos

Normalmente, las tuberías de las redes de saneamiento de aguas residuales, funcionan a sección parcialmente llena y en régimen de lámina libre, entrando en carga cada cierto periodo, en determinadas condiciones de simultaneidad o de exceso de caudales sobre los de diseño y en situaciones de limpieza o desatasco a presión de los conductos.

Una vez determinados los caudales de aguas residuales y pluviales es necesario efectuar los cálculos hidráulicos oportunos para dimensionar la red, es decir, determinar las secciones de los conductos necesarios para evacuar esos caudales.

Previamente a los cálculos es necesario fijar unos criterios previos sobre las condiciones con las que deseamos que funcione dicha red. Esos criterios previos han de ser, como mínimo, los siguientes:

- Diámetro mínimo de las tuberías
- Velocidades máxima y mínima para la circulación del agua en las alcantarillas
- Pendientes máximas y mínimas de los conductos
- Materiales a emplear, al objeto de utilizar los coeficientes de rozamiento adecuados.
- En las redes unitarias, el coeficiente de dilución para el funcionamiento de los aliviaderos.
- Coeficientes de seguridad. Resguardos.

8.2 Diámetro mínimo.

En la construcción de una alcantarilla, cuando los diámetros son pequeños, el coste del suministro de la tubería representa un porcentaje reducido dentro del coste total de la obra. El mantenimiento de la red es mucho más efectivo y económico a partir de un cierto tamaño de la tubería. Por estos motivos se establece un diámetro mínimo en las redes de saneamiento.

En las redes de saneamiento con tuberías de hormigón, los diámetros mínimos que se recomiendan son 400 mm para las alcantarillas de las calles y 300 mm para los desagües.

Cuando se utilizan tuberías con un coeficiente de rozamiento menor como las de plástico, los diámetros son 300 mm para calles y 200 mm para desagües y acometidas.

8.3 Velocidades

El agua circula por la red en régimen de lámina libre, por gravedad. El límite superior de la velocidad se establece para evitar erosiones en los conductos, ya que el agua arrastra arenas y materiales sólidos, y depende de la resistencia a la abrasión del material con el que están fabricados los conductos.

Teniendo en cuenta la elevada resistencia a la abrasión de las tuberías de plástico y la gama de diámetros que constituye su campo de utilización (200 – 2.400 mm), se pueden admitir, en este tipo de tuberías, velocidades de circulación de hasta 5 m/seg.

Sin embargo, en el caso de conductos de hormigón, conviene limitar la velocidad máxima de circulación al valor de 3 m/seg.

En cuanto al límite inferior de la velocidad, que se establece para garantizar la capacidad de arrastre y evitar sedimentaciones en los conductos, hay que tener en cuenta de que para que haya velocidad tiene que haber caudal, y éste falta en numerosos ramales, en época seca y a determinadas horas.

En efecto, en las redes separativas, y también en las unitarias cuando no llueve, existen muchas alcantarillas, sobre todo en cabeceras de red, que a determinadas horas no transportan agua, ya que los consumidores no producen vertidos (horas nocturnas). En los núcleos pequeños y rurales este hecho se

extiende, a veces, a toda la red durante muchas horas, ya que el consumo está poco diversificado y se concentra en muy pocas horas (altos coeficientes de punta).

Por esta razón, se considera inútil establecer valores mínimos para la velocidad de circulación, ya que ese valor mínimo, como se ha visto, es cero. Parece mucho más adecuado fijar unos valores mínimos para las pendientes de los conductos, de forma que garanticen la capacidad de arrastre en cuanto se produzcan caudales, y, paralelamente, establecer elementos adecuados de limpieza de la red en las cabeceras de los ramales (cámaras de descarga, pozos de limpieza, etc.).

No obstante si en los cálculos la necesitamos, la velocidad mínima recomendada es de 0,6 m/s, por debajo de esa velocidad la acumulación de residuos sólidos en las alcantarillas es frecuente.

Cuando nos encontremos con colectores cuya pendiente sea muy baja hay que procurar aumentar la velocidad del agua bien utilizando materiales con un coeficiente de rozamiento bajo (por ejemplo plásticos) o bien proyectando secciones con mayor radio hidráulico.

8.4 Pendientes

Las pendientes se deberán adaptar, en la medida de lo posible, a la topografía de la zona. Normalmente se toma el criterio general de que la pendiente no supere el 4 m/km., pero a veces resulta muy difícil mantenerlo. Es frecuente recurrir a pozos con resalto o rápidos para reducir la pendiente, pero cuando no sea posible hacerlo, hay que prever materiales resistentes a la abrasión.

La pendiente de la red de alcantarillado debe ajustarse a dos condicionantes extremos. Por un lado, debe ser tal que, a caudales bajos, no se produzcan sedimentaciones y, por otro lado, a caudales altos, deben evitarse fuertes velocidades, que con presencia de materiales abrasivos arrastrados, puedan deteriorar los conductos. A continuación se indican las pendientes recomendadas en función del diámetro del conducto.

Tabla 8.1 Pendientes recomendadas

Diámetro del conducto DN (mm)	Pendiente mínima recomendable (m/km.)
200	4.00
250	2.70
315	2.20
400	1.45
500	1.10
630	0.75
800	0.55
1000	0.45

Obsérvese que cuánto mayor es el diámetro, menor es la pendiente mínima requerida, puesto que para grandes diámetros se alcanzan altas velocidades con pequeñas pendientes. Así, por ejemplo, a sección llena, una tubería de 315 mm de diámetro necesita una pendiente de 14 m/km para alcanzar una velocidad de 2 m/s, mientras que, para alcanzar esa misma velocidad, a una tubería de 1.000 mm de diámetro, le basta con una pendiente de 3,25 m/km.

Análogamente, la pendiente máxima (v < 5 m/s) que puede tener un conducto de 315 mm de diámetro es de 75 m/km, mientras que si el conducto es de 1000 mm de diámetro, su pendiente máxima es de tan solo 17,50 m/km.

8.5 Materiales a emplear

El material a elegir dependerá de las características de las aguas a evacuar, de las dimensiones de los conductos, de las pendientes de los colectores y de las características de la obra.

En las redes separativas se recomienda emplear plásticos ya que son resistente a la corrosión por el ácido sulfhídrico (efecto corona). No se recomienda el hormigón, por la poca resistencia que tiene a esa corrosión.

En las redes de pluviales hasta ahora se colocaban tuberías de hormigón, pero el aumento de gama de fabricación de tubos plásticos en grandes diámetros hace que cada día más se utilice este material y sobre todo en los casos de colectores con muy poca pendiente. A veces compensa colocar materiales plásticos por la facilidad de colocación.

8.6 Coeficientes de dilución

Los colectores concentradores de las redes unitarias han de poder recoger las aguas residuales y parte de las pluviales, para que los vertidos en los aliviaderos tengan una determinada dilución y no sean excesivamente contaminantes.

Los aliviaderos años atrás se diseñaban de tal manera que el vertido se producía cuando el caudal era 3 veces superior al caudal de aguas residuales. En estos momentos se aplica un coeficiente de dilución de 1:5. En función de las particularidades del punto de vertido y de las características de la depuradora, ese coeficiente puede modificarse.

8.7 Coeficientes de seguridad y resguardos

En el momento de proyectar una red de saneamiento conviene dimensionar los colectores con un cierto coeficiente de seguridad, para estar cubiertos frente a las circunstancias imprevistas que se puedan presentar.

Las secciones de los colectores concentradores o de aguas residuales no se calculan para que funcionen a sección llena. Normalmente se dimensionan para un caudal un 20% superior al caudal de diseño. En los colectores de aguas pluviales o en los grandes colectores unitarios siempre se deja un resguardo hasta la clave del colector o el techo de la sección en cajón. El mínimo recomendado es de 20 cm., pero en las grandes secciones suele ser 50 cm.

8.9 Diagrama de Colebrook para el cálculo hidráulico

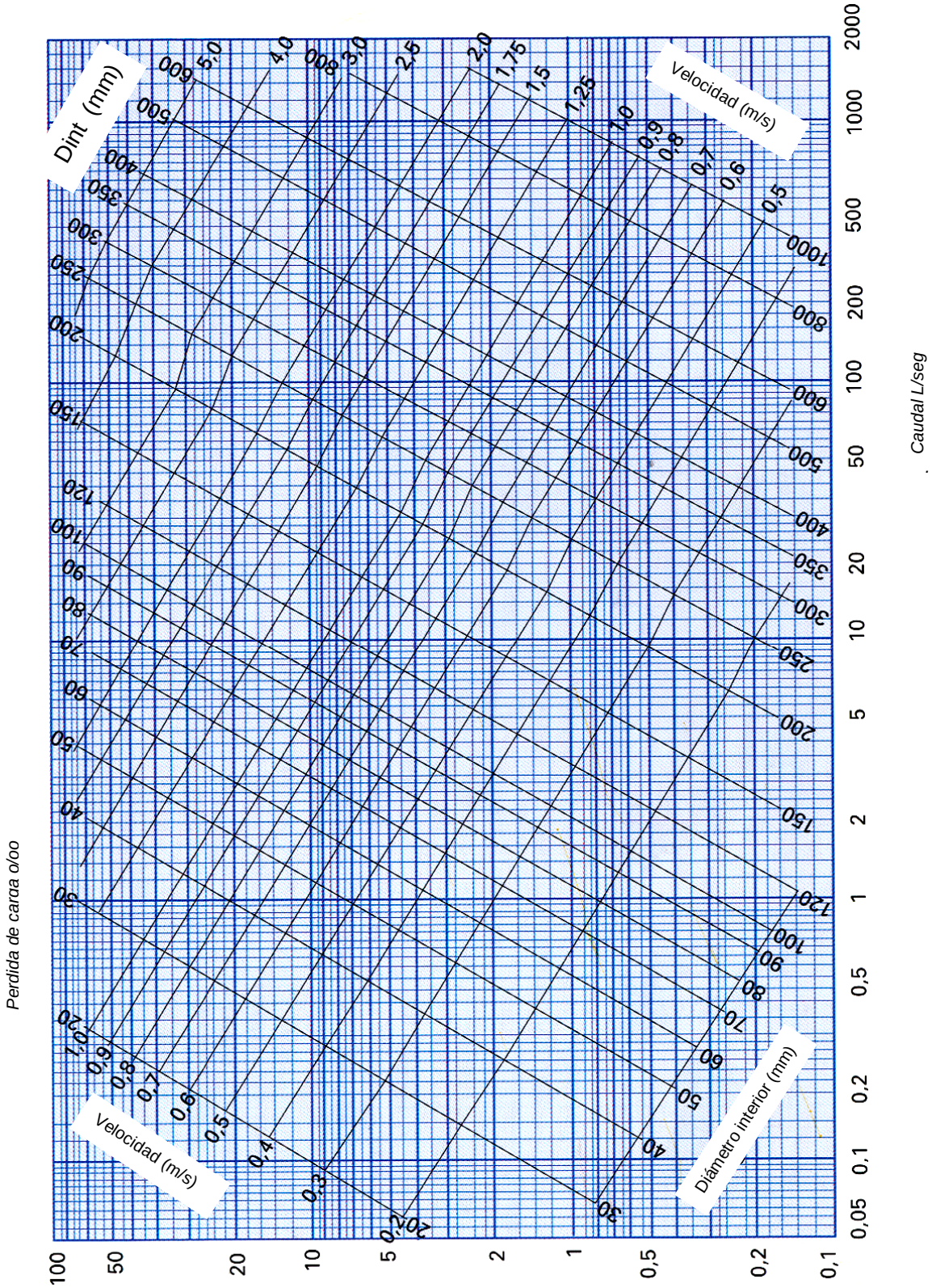


Fig. 8.2.- Rugosidad absoluta k (mm) en tuberías

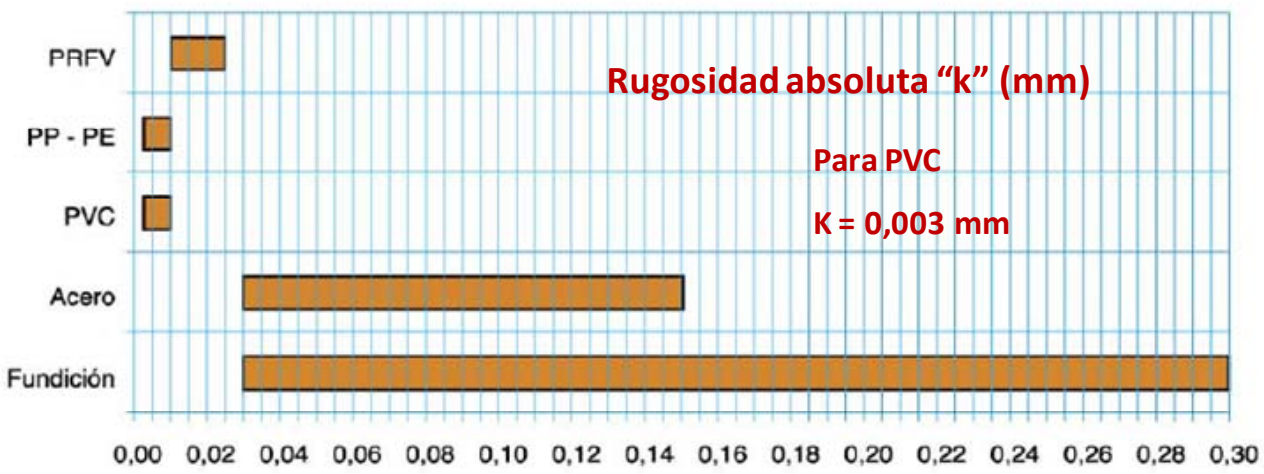
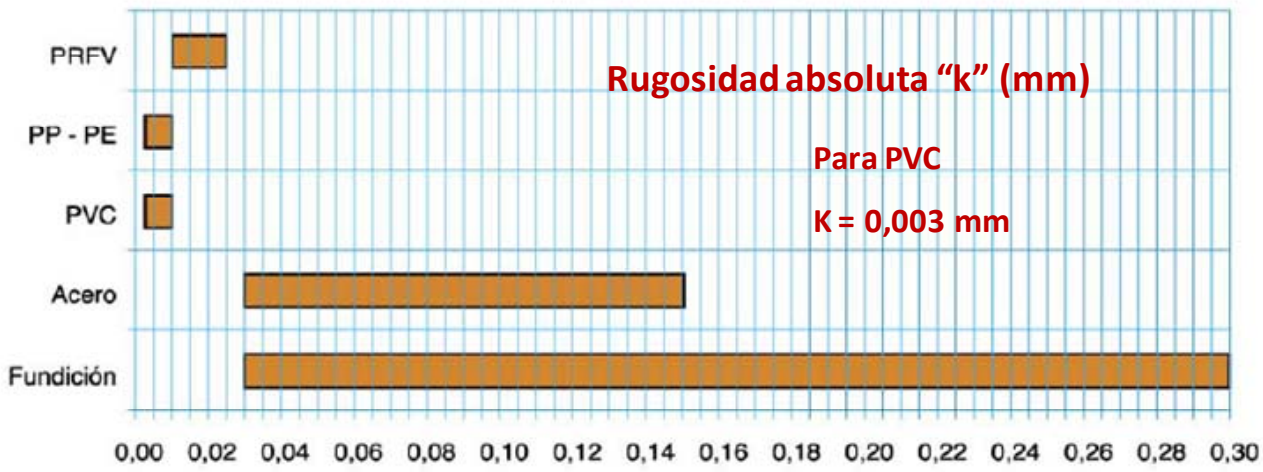


Tabla 8.3 Rugosidad n de Manning en tuberías



9. Resistencia química

La resistencia química de los materiales plásticos viene recogida en el informe UNE 53389:2001 IN, el cual es equivalente al Informe Técnico Internacional ISO/TR 10358:1993. La tabla recogida en este informe proporciona únicamente una clasificación preliminar de la resistencia química de los tubos y accesorios plásticos que no están sometidos a presión.

La clasificación preliminar de resistencia química establecida en la tabla (S = Satisfactorio, L = Limitado y NS = No Satisfactorio) sólo es adecuada para tubos que no estén sometidos a esfuerzos mecánicos internos ni externos (por ejemplo, aquellos producidos por presión interna o por esfuerzos de flexión). Para evaluar el comportamiento de tubos y accesorios empleados en para la conducción de fluidos a presión, o en presencia de esfuerzos, y en aquellos casos en los que la clasificación preliminar sea S o L, será necesario efectuar los ensayos adicionales indicados a continuación:

a. Como ensayos adicionales pueden efectuarse aquellos definidos en la norma ISO 8584-1 y en el Informe ISO/TR 8584-2.
b. Para evaluar la tendencia de un material a agrietarse en un medio ambiente activo, pueden efectuarse ensayos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 4599 y/o la norma UNE-EN ISO 6252.
c. Deberían considerarse separadamente otras propiedades del material del tubo (por ejemplo, la permeabilidad) o del fluido que conduce el mismo (por ejemplo, la toxicidad, la inflamabilidad, etc.).

9.1 - Símbolos utilizados

Para indicar el comportamiento de los materiales plásticos en contacto con agentes químicos, se utilizan los símbolos indicados a continuación:

S resistencia satisfactoria

Los tubos pueden emplearse para aplicaciones en las que no se encuentren sometidos a presión ni a ningún otro esfuerzo. Para aquellas aplicaciones en las que los tubos van a estar expuestos a presión, la evaluación final debe realizarse a partir de un ensayo posterior bajo presión.

L resistencia limitada

Los tubos pueden emplearse para aplicaciones en las que no se encuentren sometidos a presión ni a ningún otro esfuerzo, no obstante, sí puede aceptarse cierto grado de corrosión. Para aquellas aplicaciones en las que los tubos van a estar expuestos a presión, la evaluación final debe realizarse a partir de un ensayo posterior bajo presión.

NS resistencia no satisfactoria

Los tubos están seriamente dañados y no deben utilizarse para ningún tipo de aplicación, ya sea con o sin presión. En estos casos, es inútil efectuar ensayos posteriores a presión, dado que los tubos no superarían los mismos.

Se indica la concentración y/o pureza del fluido, empleando los siguientes símbolos:

Sol. Dil.	=	Solución acuosa diluida de concentración inferior o igual al 10 %.
Sol.	=	Solución acuosa, no saturada, de concentración superior al 10 %.
Sol. Sat.	=	Solución acuosa saturada, preparada a 20º C.
Sólido	=	Calidad técnica, sólido
Líquido	=	Calidad técnica, líquido
Gas	=	Calidad técnica gas.
Industrial	=	Solución de trabajo cuya concentración es la utilizada normalmente en la aplicación industrial correspondiente.
Susp.	=	Suspensión de sólidos en una solución saturada a 20º C.

Clasificación de la resistencia química de los tubos de PVC-U

Producto	Concen-tración %	Temperatura 20ºC	Temperatura 60ºC
Aceites minerales	Industria	S	S
Aceites y grasas	Líquido	S	S
Acetona	Líquido	NS	NS
Acido arsénico	Sol. Sat.	S	L
Ácido butírico	Líquido	S	NS
Acido cianhídrico	Hasta 10	S	S
Acido cítrico	Sol. Sat.	S	S
Acido clorhídrico	Hasta 30	S	S
Acido crómico	Hasta 50	S	L
Acido fluorhídrico	Hasta 60	L	NS
Acido fosfórico	Hasta 85	S	--
Acido glicólico	Hasta 30	S	S
Acido láctico	Líquido	L	NS
Acido maleico	Sol. Sat.	S	L
Acido málico	Sol. Sat.	S	S
Acido nicotínico	Susp.	S	S
Acido nítrico	Hasta 50	S	-
Acido nítrico	> 50	NS	NS
Acido oleico	Líquido	S	S
Acido oxálico	Sol. Sat.	S	S
Acido pícrico	Sol. Sat.	S	S
Acido sulfúrico	Hasta 90	S	L
Agua de mar	-	S	S
Agua destilada	-	S	S
Agua potable	-	S	S
Aire	Gas	S	S
Benceno	Líquido	NS	NS
Bicarbonato de potasio	Sol. Sat.	S	S
Bromo, gas	Gas	NS	NS
Butano, gas	Gas	S	S
Carbonato de calcio	Susp.	S	S
Cerveza	Industria	S	S
Ciclohexanona	Líquida	S	L
Cloro, gas seco	Gas	L	NS
Cloruro de potasio	Sol. Sat.	S	S
Cloruro de zinc	Sol. Sat.	S	S
Cloruro mercúrico	Sol. Sat.	S	S
Decalina	Líquido	---	---
Dextrina	Sol.	S	L
Dioxano	Líquido	NS	NS
Etanol	Liquido	S	L
Etilenglicol	Líquido	S	S
Fenol	Sol.	NS	NS
Flúor gas, húmedo	Gas	NS	NS
Flúor gas, seco	Gas	NS	NS
Formaldehído	Hasta 40	S	S
Fosfato de sodio, ácido	Sol. Sat.	---	---
Fosfato de sodio, neutro	Sol. Sat.	---	---
Ftalato de dioctilo	Líquido	NS	NS
Gas natural, húmedo	Gas	S	-
Gas natural, seco	Gas	S	-
Gasolina (combustible)	Industria	S	S
Gelatina	Sol.	S	S
Glicerina	Líquido	S	S
Glucosa	Sol.	S	S
Heptano	Líquido	S	---
Hidrógeno	Gas	S	S
Hidroquinona	Sol. Sat.	S	S
Hidróxido de aluminio	Susp.	S	S
Hidróxido de bario	Sol. Sat.	S	S
Hipoclorito de calcio	Sol.	---	---
Yoduro, en yoduro de potasio	Sol. Sat.	NS	NS
Iodo, en alcohol	Industria	NS	NS
Leche	InduStria	S	S
Levadura	Susp.	S	L

Producto	Concen-tración %	Temperatura 20ºC	Temperatura 60ºC
Mahonesa	Industria	S	-
Melaza	Industria	S	---
Mercurio	Líquido	S	S
Miel	Industria	S	S
Monóxido de carbono, gas	Gas	S	S
Mostaza, acuosa	Industria	S	-
Nitrato de aluminio	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de amonio	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de calcio	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de cobre	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de magnesio	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de níquel	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de plata	Sol. Sat.	S	L
Nitrato de potasio	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de sodio	Sol. Sat.	S	S
Nitrato de Zinc	Sol. Sat.	S	S
Nitrato férrico	Sol. Sat.	S	S
Nitrato mercurioso	Sol.	S	S
Nitrito de sodio	Sol. Sat.	S	S
Orina	-	S	L
Ortofosfato de potasio	Sol. Sat.	---	---
Oxicloruro de aluminio	Susp.	S	S
Oxido de zinc	Susp.	S	S
Oxígeno, gas	Gas	S	S
Ozono, gas	Gas	S	S
Perclorato de potasio	Sol. Sat.	---	--
Permanganato de potasio	Hasta 30	S	S
Peróxido de hidrógeno	Hasta 30	S	S
Persulfato de potasio	Sol. Sat.	S	L
Piridina	Líquido	NS	---
Rábano	Industria	S	S
Reveladores, fotográficos	Industria	S	S
Silicato de sodio	Sol.	S	S
Sulfato de aluminio	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de amonio	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de bario	Susp.	S	S
Sulfato de calcio	Susp.	S	S
Sulfato de cobre	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de magnesio	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de níquel	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de potasio	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de sodio	Sol. Sat.	S	S
Sulfato de zinc	Sol. Sat.	S	S
Sulfito de sodio	Sol. Sat	S	L
Sulfuro de amonio	Sol. Sat.	S	S
Sulfuro de hidrógeno, gas seco	Gas	S	S
Sulfuro de sodio	Sol. Sat.	S	S
Tetracloruro de carbono	Líquido	NS	NS
Tetrahidrofurano	Líquido	NS	NS
Tiocianato de amonio	Sol Sat.	S	S
Tiosulfato de potasio	Sol. Sat.	S	S
Tolueno	Líquido	NS	NS
Tricloroetileno	Líquido	NS	NS
Trietanolamina	Sol.	---	---
Trifluoruro de boro	Sol. Sat.	S	-
Trióxido de azufre	Líquido	---	---
Urea	Sol.	S	S
Vinagre	Industria	S	S
Vino	Industria	S	S
Vinos y licores	Industria	S	S
Whisky	Industria	S	S
Xilenos	Líquido	NS	NS
Zumo de manzana	Industria	S	S
Zumo de pomelo	Industria	S	-

10. Marcado

Todos los tubos han de ir marcados con los siguientes datos mínimos:

Aspecto	*Marcado o símbolo*
- Número de la norma de Sistema	UNE-EN 1401
- Nombre del fabricante y/o marca comercial	xyz
- Material	PVC-U
- Diámetro nominal, d_n x espesor nominal de pared e_n	p.e. 200 x 4.9
- Código del área de aplicación	p.e. UD
- Información del fabricante (periodo de fabricación, año, hora, etc.)	p.e. 90.06.14
- Número de lote	p.e. Nº 12
- Logotipo y Nº de Contrato de AENOR	p.e. "" 001/xyz

Ejemplo: